

Для высокотемпературных печей целесообразно применять водоохлаждаемые панели корпуса, так как это снижает температуру в рабочем слое футеровки и повышает срок ее службы.

Таким образом, разработанное ПО позволяет рассчитать величину тепловых потерь через плоскую многослойную стенку, построить температурное поле в ней, а также исследовать влияние различных факторов на тепловые потери. ПО может использоваться инженерами-теплотехниками при проектировании металлургических печей, а также студентами технических специальностей при изучении дисциплины «Теплофизика».

Список использованных источников

1. Кутьин В.Б., Гушин С.Н., Фетисов Б.А. Расчет тепловых потерь через печные ограждения. Екатеринбург: УГТУ–УПИ, 1996. 17 с.
2. Лабор В.В. Си Шарп: создание приложений для Windows. Минск: Харвест, 2003. 384 с.
3. Электротермические процессы и установки: учебное пособие / А.И. Алиферов [и др.]. Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2007. 360 с.

РАСЧЕТ ТЕПЛОВЫХ ПОТЕРЬ ЧЕРЕЗ МНОГОСЛОЙНЫЕ ЦИЛИНДРИЧЕСКИЕ СТЕНКИ С ПОМОЩЬЮ ПРИКЛАДНОЙ ПРОГРАММЫ

Силкин П.А.

*ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»,
г. Екатеринбург, Россия*

В связи с развитием металлургии и по мере распространения тепловых агрегатов различного назначения одной из важных отраслей промышленности во всех развитых странах стало применение огнеупорных и теплоизоляционных материалов.

Огнеупорные материалы – изделия на основе минерального сырья, отличающиеся способностью сохранять свои свойства в условиях эксплуатации при высоких температурах, и которые служат в качестве конструкционных материалов и защитных покрытий.

Сырье для огнеупорных материалов – простые и сложные оксиды (например, SiO_2 , Al_2O_3 , MgO , ZrO_2 , MgO-SiO_2), бескислородные соединения (например, графит, нитриды, карбиды, бориды, силициды), а также оксинитриды, оксикарбиды, сиалоны.

Эксплуатационные свойства огнеупорных материалов определяются комплексом химических, физико-химических и механических свойств.

Основное свойство огнеупорных изделий – огнеупорность, т.е. способность изделия противостоять, не расплавляясь, действию высоких температур.

Главная задача теплоизоляционных материалов в промышленных печных агрегатах сохранять тепло и поддерживать температуру на требуемом технологическом уровне. Для практического использования любого материала в качестве теплоизолятора важны две основные характеристики: температура длительного применения и аккумулирующая способность. Температура длительного применения и ее колебания в процессе эксплуатации влияют на величину коэффициента теплопроводности теплоизоляции. При постоянной температуре теплопроводность изоляции повышается примерно на 10–15 % за счет упорядочения структуры, повышения ее плотности и других физико-химических процессов, а в условиях переменных температур понижается вследствие образования дополнительных микротрещин в структуре материала. Потери тепла на аккумуляцию и излучение кладкой промышленных печей колеблется от 50 до 90 % в зависимости от конструкции печей. Эти потери могут быть сокращены двумя основными способами: уменьшением объема кладки стен и уменьшением теплоемкости или температуропроводности материала кладки печи. Оба

способа тесно взаимосвязаны, так как при высоких температурах уменьшение объема футеровки может быть произведено лишь при наличии малотеплопроводного материала с низкой аккумулирующей способностью. Таким образом можно снизить и количество используемых материалов и снизить потери тепла.

Решение обозначенной проблемы лежит в сфере информационных технологий. Современная вычислительная техника позволяет выполнять вычисления с высокой точностью в считанные секунды. Для того чтобы воспользоваться преимуществами машинных вычислений, необходимо лишь программно реализовать решение поставленной задачи.

Таким образом, можно сделать вывод, что необходимо программное обеспечение, автоматизирующее процесс расчета тепловых потерь через печные ограждения.

Учитывая особенности применяемых материалов, нужно обеспечить возможность построения многослойной теплоизоляционной стенки, и с учетом тепла отводимого от поверхности стенки рассчитать тепловые потери. Для проверки возможности применения материала необходимо определять температуру внутри слоя, в частности на границе слоев. В результате применения таких расчетов должна появиться возможность выбора материалов наиболее подходящих в данном наборе слоев теплоизоляции, либо возможность подбора материалов для получения минимальной толщины стенки. В этом и заключена основная задача созданной программы.

Для вычисления необходимых параметров системы был применен итерационный процесс, в ходе которого методом подгонки температурных полей должна быть построена зависимость температурного поля по всем слоям стенки. То есть, изменяя температуры, добиваемся такого значения теплового потока с поверхности и теплового потока через стенку, а также общего теплового потока, что отношение разности первых двух тепловых потока к третьему будет стремиться к нулю.

Исходными данными для расчета тепловых потерь являются такие параметры как: расстояние от центра до слоёв стенки, степень черноты наружной стенки, температуры внутренней и внешней среды, а также коэффициенты полиномиальной зависимости для вычисления теплопроводности. Расчетные формулы представлены в табл. 1.

Таблица 1

Расчетные формулы

Расчетное значение	Ед.измерения	Наимен.	Уравнение расчета
Температура внутренней поверхности стенки	°C	t1	$t_{вн}-(q_{пог}/(\alpha_1*2\pi*r_1))$
Температура внешней поверхности стенки	°C	t4	$t_{опр}+(q_{пог}/(\alpha_2*2\pi*r_4))$
Средняя температура в слое 1	°C	tcp1	$(t1+t2)/2$
Средняя температура в слое 2	°C	tcp2	$(t2+t3)/2$
Средняя температура в слое 3	°C	tcp3	$(t3+t4)/2$
Коэффициент теплопроводности 1го слоя	Вт/(м*К)	λ_1	$A+B*tcp1*10^{(-3)}+C*tcp1^2*10^{(-6)}$
Коэффициент теплопроводности 2го слоя	Вт/(м*К)	λ_2	$A+B*tcp2*10^{(-3)}+C*tcp2^2*10^{(-6)}$
Коэффициент теплопроводности 3го слоя	Вт/(м*К)	λ_3	$A+B*tcp3*10^{(-3)}+C*tcp3^2*10^{(-6)}$
Плотность теплового потока через 1й слой	Вт/м2	q1	$(t1-t2)/((1/(2\pi*\lambda_1))*LN(r2/r1))$
Плотность теплового потока через 2й слой	Вт/м2	q2	$(t2-t3)/((1/(2\pi*\lambda_2))*LN(r3/r2))$
Плотность теплового потока через 3й слой	Вт/м2	q3	$(t3-t4)/((1/(2\pi*\lambda_4))*LN(r4/r3))$
Разность плотностей тепловых потоков через 1 и 2 слой	Вт/м2	q1-2	$q1-q2$
Разность плотностей тепловых потоков через 2 и 3 слой	Вт/м2	q2-3	$q2-q3$
Погонная плотность теплового потока	Вт/м2	qпог	$(t1-t2)/(((1/(2\pi*\lambda_1))*LN(r2/r1))+((1/(2\pi*\lambda_2))*LN(r3/r2))+((1/(2\pi*\lambda_4))*LN(r4/r3))))$
Тепловой поток	Вт	Q	$q_{пог}*l$

Для осуществления установки программы необходимо запустить программу «Setup.exe», расположенную в папке дистрибутива и следовать инструкциям программы-установщика.

По завершении процесса инсталляции программа «Расчет тепловых потерь многослойной цилиндрической стенки» не требует дополнительных настроек.

По окончании разработки программного продукта «Расчет тепловых потерь многослойной цилиндрической стенки» созданы следующие функции:

- 1) загрузка исходных данных из xml-файла;
- 2) сохранение варианта исходных данных в xml-файле;
- 3) ручной ввод и редактирование исходных данных;
- 4) добавление новых материалов;
- 5) расчет тепловых потерь через цилиндрическую многослойную стенку;
- 6) определение критического диаметра газохода;
- 7) отображение расчетных данных в табличной форме;
- 8) построение криволинейных диаграмм распределения температуры по радиусу стенки;
- 9) формирование отчетов по выполненным расчетам в краткой (без отображения промежуточных данных) и полной форме (с отображением промежуточных данных);
- 10) возможность выбора параметров отображения диаграмм в отчете;
- 11) экспорт отчетов в популярные форматы (Excel, PDF);
- 12) предупреждение ошибок ввода.

Таким образом, программу можно использовать в качестве мощного инструмента при расчетах потерь тепла в промышленных агрегатах.

После запуска программного продукта «Расчет тепловых потерь многослойной цилиндрической стенки» загружается главная форма программы, вкладка «Исходные данные»:

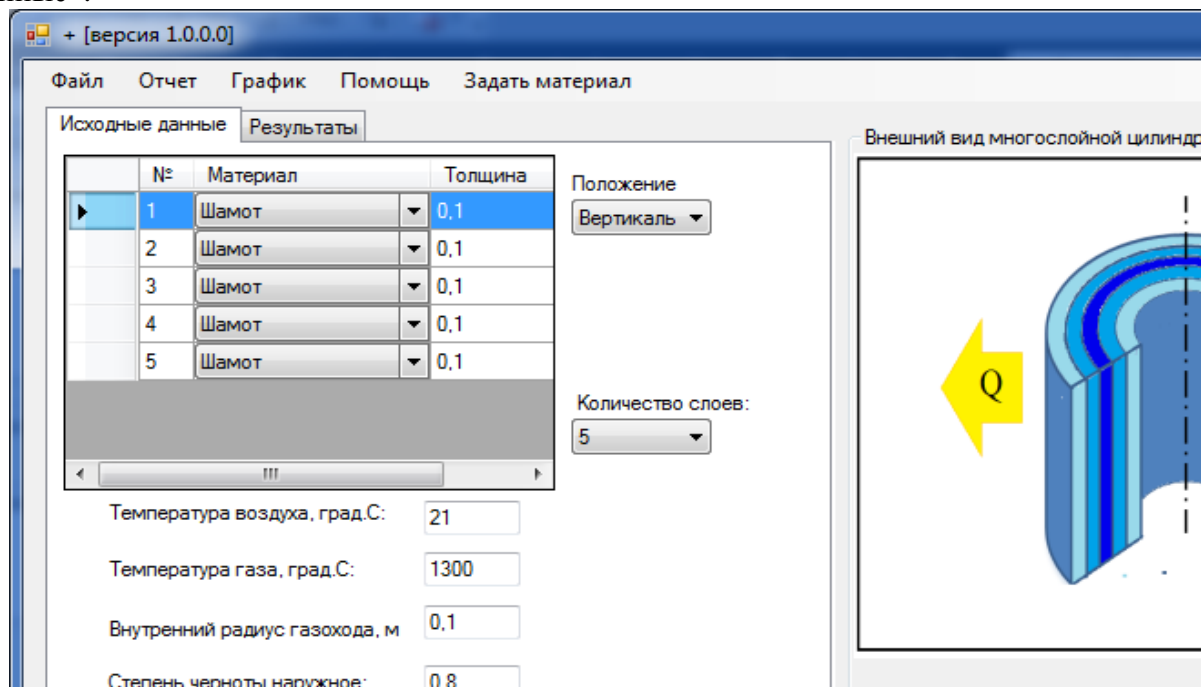
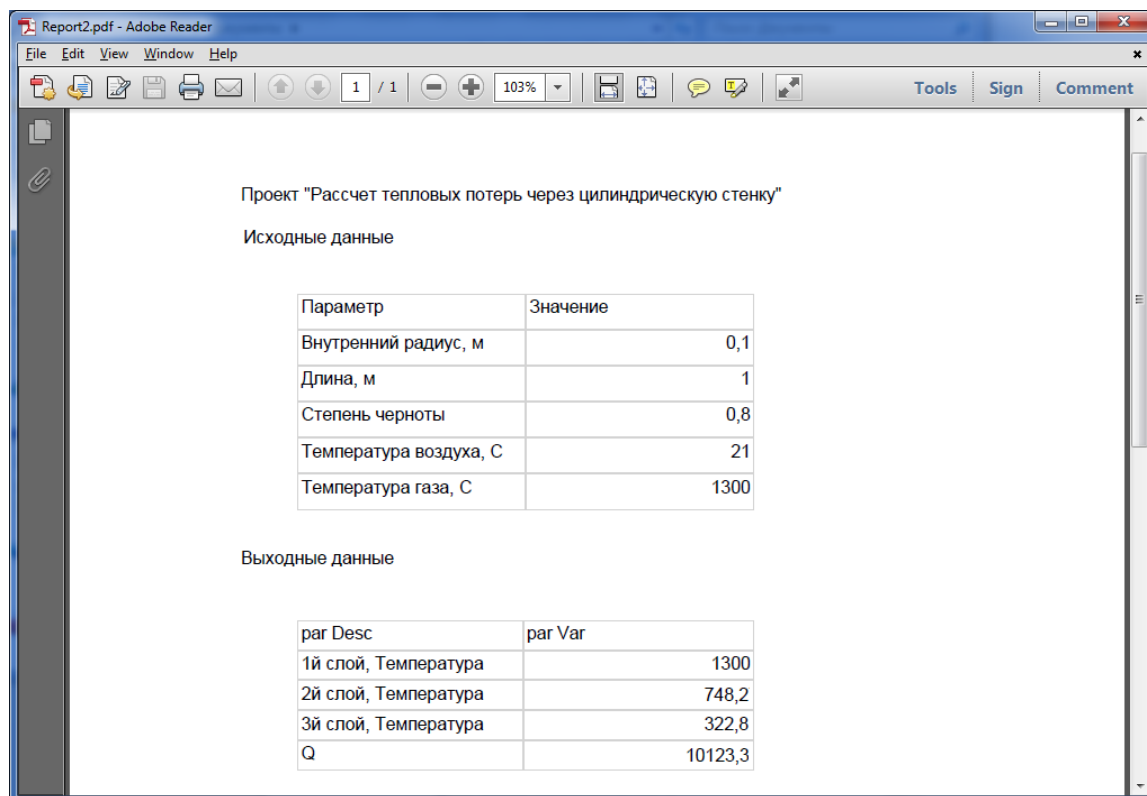


Рис. 1. Главная форма программы, вкладка «Исходные данные»

На вкладке «Исходные данные» по умолчанию вводятся программно заданные значения параметров. В программе используется технология «one-click», т.е. для получения всех искомых величин необходимо нажать только на одну кнопку: «Расчет».

Произведенный расчет можно сохранить в xml-файле для дальнейшего анализа. Для



этого можно воспользоваться двумя пунктами главного меню: «Файл / Сохранить», либо «Файл / Сохранить как...». Стоит отметить, что если расчет проводится в новом файле то будет вызвано окно идентичное по функциональности вызываемому пунктом «Сохранить как...». После выполнения сохранения кнопка «Сохранить» становится недоступной. Её активация производится редактированием параметров и реализацией нового расчета.

В программе реализована настраиваемая форма отчетов. Пример отчета приведен на рис. 2:

Рис. 2. Отчет результатов расчета

При нажатии команды «Помощь» в меню «Справка» появляется окно справки, в которой можно прочитать о программе, о функционале и о том, как работать в данной программе.

Список использованных источников

1. Теплотехнические расчеты металлургических процессов / под общ. ред. А.С. Телегина; 3-е издание. 1993. 368 с.
2. Гушин С.Н., Казяев М.Д. Гидравлический расчет трубопроводов и выбор тягодутьевых средств, обеспечивающих работу промышленных печей: учебное пособие / С.Н. Гушин. Екатеринбург: УрФУ, 2011. 140 с.
3. Балена Ф., Димауро Дж. Современная практика программирования на Microsoft Visual Basic и Visual C#: пер. с англ. М.: Русская редакция, 2006. 640 с.
4. Фридман А.Л. Основы объектно-ориентированной разработки программ. М.: Финансы и статистика, 2000. 192 с.
5. Ван-Тассел Д. Стиль, разработка, эффективность, отладка и испытание программ. М.: Мир, 2001.
6. Лавров В.В., Бабин И.А. Технология разработки программного обеспечения: методические указания к выполнению курсовой работы для студентов специальности 230201 – Информационные системы и технологии. Екатеринбург: УГТУ–УПИ, 2007. 19 с.